

Halbleiterschaltkreis für ein  
elektronisches Gerät

Die Erfindung bezieht sich auf einen Halbleiterschaltkreis für ein elektronisches Gerät nach der Gattung des Anspruchs 1.

Sowohl im industriellen Bereich als auch bei Verkehrsmitteln gewinnen zunehmend Steuerungstechniken an Bedeutung, die sich auf einen Zweidraht-Bus als Kommunikationsmedium stützen. Ein Beispiel hierfür sind Busnetze nach dem CAN-Standard (CAN = Controller Area Network). Dabei kommunizieren eine Vielzahl von elektronischen Geräten über nur zwei Leiteradern miteinander.

Solche Geräte erfüllen ihre Steuerungsaufgabe durchweg mittels eines Microcontrollers. Für die Kommunikation über den Bus sind besondere Busprotokoll-Chips bzw. Protokoll-Funktionalitäten vorgesehen, die bei für derlei Anwendungen bereits spezialisierten Microcontrollern bereits monolithisch mitintegriert sein können und als kommunikatives Sende-/Empfangs-Bindeglied zwischen Bus

Schaltkreiskomponenten mitaufzunehmen, die in der Praxis entweder einer Reststörspannungsbeaufschlagung standhalten müssen, die in der Größenordnung der Betriebsspannung des Microcontrollers liegen kann oder das Chipmaterial mit Spot-Leistungsdichten beanspruchen, die im Fehlerfalle bis nahe an den thermischen Zusammenbruch heranreichen können. Umfeldbedingungen, die solche Beanspruchungen zur Folge haben, treten z.B. in der industriellen Steuerungstechnik und in Verkehrsmitteln ohne weiteres auf.

Die vorgenannten Probleme verschärfen sich exponentiell mit über  $\mu\text{C}$ -Technologiefortschritt wachsendem System-Shrinkmaß. Auch werden die on-chip beherrschbaren Spot-Verlustleistungen von z.B. Treibern zunehmend kleiner. Es kann davon ausgegangen werden, daß das System-Shrinkmaß monolithischer LS-Technologien schon bald bei  $0.25\mu\text{m}$  angelangt ist. Interfacefunktionen in  $0.25\mu\text{m}$ -Technologie sind jedoch zu empfindlich, als daß sie mit einer z.B. der Jump-Start-, Load-Dump- und statischen Überspannungsgefahr ausgesetzten Industrie- oder Fahrzeugumgebung direkt verbunden und mit hinreichender Verfügbarkeit darin betrieben werden könnten. Folglich erzwingt ein auf der einen Seite erzielter Bauraum- und Kostenvorteil bauraumbeanspruchende und Kosten verursachende Zusatzmittel zur Realisierung von Schutzfunktionen.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Halbleiterschaltkreis für ein elektronisches Gerät vorzuschlagen, der an den vorgenannten Nachteilen und Problemen vorbei führt und insbesondere eine bauraum- und kostenoptimalen Realisierung moderner zweidrahtbusgesteuerter elektronischer Geräte ermöglicht.

sen ordnungsgemäßer Funktion bzw. dessen ordnungsgemäßer Programmabwicklung signifikanten Größe.

- Gemäß Anspruch 66 umfassen die Mittel zur Realisierung einer Watchdog-Funktion wenigstens einen Zeitgeber und der Schaltkreis weist wenigstens einen Anschluß zur Beschaltung der Watchdog-Funktion mit wenigstens einem zeitbestimmenden Element auf.
- Gemäß Anspruch 67 stehen die Mittel zur Realisierung einer Watchdog-Funktion mit den Mitteln zur Bereitstellung wenigstens einer zweiten, festen Versorgungsspannung direkt in Verbindung.
- Gemäß Anspruch 68 stehen die Mittel zur Realisierung einer Watchdog-Funktion mit den Mitteln zur Bereitstellung wenigstens einer zweiten Versorgungsspannung über einen vom Interface gemäß Anspruch 6 ausgehenden Steuerpfad miteinander in Verbindung.
- Gemäß Anspruch 69 sind die Mittel zur Realisierung einer Watchdog-Funktion so beschaffen, daß sie noch wenigstens einen weiteren Microcontroller des Steuergerätes hinsichtlich seiner ordnungsgemäßen Funktion und Programmabwicklung überwachen und diesen zurücksetzen können.
- Gemäß Anspruch 70 umfaßt der Schaltkreis Mittel zur Erzeugung und Übermittlung - nachdem wenigstens die den wenigstens einen Microcontroller speisende Versorgungsspannung aufgebaut ist - eines Rücksetzsignales an den wenigstens einen Microcontroller.
- Gemäß Anspruch 71 umfaßt der Schaltkreis Mittel zur Abgabe wenigstens eines Sperrsignals in Zusammenhang mit der Erzeugung und Übertragung wenigstens eines Rücksetzsignals an den wenigstens einen Microcontroller.
- Gemäß Anspruch 72 umfaßt der Schaltkreis Mittel zur Überwachung wenigstens einer Spannung aus der

19

ersten Versorgungsspannung (Speisespannung des Schaltkreises) und der wenigstens einen zweiten Versorgungsspannung bezüglich wenigstens eines Grenzwertes sowie Mittel zur Abgabe eines Unterbrechungs- oder Rücksetz-Signals an wenigstens den mit der Transceiver-Funktion kooperierenden Microcontroller, wenn dieser Grenzwert unter- oder überschritten wird.

- Gemäß Anspruch 73 weist der Schaltkreis wenigstens einen besonderen Eingang auf, über den die mit dem Bus in Verbindung stehenden Weck-Erkennungsmittel in der Betriebsart gemäß Anspruch 62 mit einem Wecksignal beaufschlagbar sind; ferner ist der Schaltkreis so beschaffen, daß sein Verhalten auf ein Wecksignal an diesem wenigstens einen besonderen Eingang und sein Verhalten bei Empfang eines Wecksignales über den Bus identisch sind.

- Gemäß Anspruch 74 umfaßt der Schaltkreis von der Transceiver-Funktion unabhängige, autonome Mittel zur Erfassung wenigstens eines Wecksignales in Zeiträumen wenigstens reduzierter oder aber aufgehobener Aktivität des wenigstens einen Microcontrollers.

- Gemäß Anspruch 75 weisen diese autonomen Mittel mehrere Eingänge zum Empfang von Wecksignalen auf.

- Gemäß Anspruch 76 sind die autonomen Mittel aus der ersten Versorgungsspannung speisbar und unabhängig von den Mitteln zur Bereitstellung wenigstens einer zweiten, festen Versorgungsspannung betriebsfähig.

- Gemäß Anspruch 77 umfassen die autonomen Mittel wenigstens einen Zeitgeber zur Zeitsteuerung ihrer Funktion.

- Gemäß Anspruch 78 sind die autonomen Mittel im Sinne einer Zeitsteuerung ihrer Funktion von dem wenigstens einen Zeitgeber der Watchdog-Funktion aus ansteuerbar.

testen anderer Busteilnehmer in Kooperation mit Sendemitteln des Schaltkreises ausgestattet ist;

- Fig. 48** ein graphisches Schema eines Teils der Funktionalität eines Funktionsblockes im Beispiel gemäß Fig. 47;
- Fig. 49** eine erste, für eine besondere Anwendung reduzierte Wirkblockdarstellung von zusätzlichen Mitteln gemäß Fig. 28 und Fig. 47, die Empfangsseite eines Bus-Transceivers betreffend;
- Fig. 50** eine zweite, für besondere Anwendungszwecke reduzierte Wirkblockdarstellung von zusätzlichen Mitteln gemäß Fig. 28 und Fig. 47, die Empfangsseite eines Bus-Transceivers betreffend;
- Fig. 51** eine dritte, für besondere Anwendungszwecke reduzierte Wirkblockdarstellung von zusätzlichen Mitteln gemäß Fig. 28 und Fig. 47, die Empfangsseite eines Bus-Transceivers betreffend;
- Fig. 52** eine vierte, für besondere Anwendungszwecke reduzierte Wirkblockdarstellung von zusätzlichen Mitteln gemäß Fig. 28 und Fig. 47, die Empfangsseite und die Sendeseite eines Bus-Transceivers betreffend;
- Fig. 53** ein schematisches Wirkschaltbild eines Fortbildungsdetails zur Erfassung und Übertragung einer Bezugspotentialdifferenz an einen externen Microcontroller;

Brennkraftmaschinen in Verkehrsmitteln genau so bedienen wie SLOW-CANs beispielsweise in Innenräumen solcher Verkehrsmittel. Diese integrierte Universalität erschließt den Kostenvorteil über den Stückzahlkost.

Des weiteren ist durch die Steuerung der Slewrate die hochfrequente Störsignalunterdrückung unmittelbar beeinflussbar, und zwar sowohl sende- als auch empfangsmäßig. Je kleiner die Bit-Slewrate auf dem Bus CAN\_H/CAN\_L, desto stärker ist die durch Sendebetrieb verursachte elektromagnetische Störausstrahlung des Busnetzes und seiner Abzweigungen. Je kürzer die erkenn- bzw. diskriminierbare Slew-Rate des Empfänger-Frontends 121 oder des Weck-Erkennungs-Blocks 111, desto größer ist die Gefahr eines unerwünschten Lese- oder Weckfehlers verursacht durch elektromagnetisch einwirkende hochfrequente Störspektren.

Daraus folgt für die Charakterisierung der Filter 81 und 82, daß es sich hierbei nicht nur um steuerbare Tiefpässe, sondern gleichwohl auch um echte, vorzugsweise DC-gekoppelte, analog oder digital wirkende Slewrate-Filter handeln kann, die die Signal-Slewrate oder Bit-Zeiten auf dem Bus bis an die jeweilige Grenzslewrate bzw. an Grenzbitzeiten heranreichend auszunutzen erlauben. Gleichwohl kann es sich dabei auch um Bitzeit-Filter handeln, die - zur Optimierung der Störungsunterdrückung - auf die Kommunikations-Baudrate des Busses einstellbar sind. Wie weiter unten in Verbindung mit Fig. 29 verständlich können solche Bitzeitfilter von einem Steuerungsinterface 124 der Transceiver-Funktion digital einstellbar sein.

Output-Interface 163 kann je nach Anzahl angeschlossener Sensoren und Aktuatoren ein multipler bis hoch-multiplier sein. In der Praxis handelt es sich dabei meistens um einen multigeplekten, da auch sehr leistungsfähige Microcontroller nur eine begrenzte Zahl von I/O-Ports aufweisen, die für viele Anwendungen nicht ausreichen.

Das Zusammenspiel zwischen Schaltkreis 100/100', Regler 20 und Microcontroller 21 ist im Detail in #) beschrieben.

Der Microcontroller 21 kann demnach über den Pfad 29.1 und das Verknüpfungsglied 36 vom PWROR-Ausgang 20.4 des Reglers 20 - bzw. bei entsprechender Auslegung des Watchdog Schaltkreises 164 alternativ dazu über den Pfad 29.4 von dessen optionalem PWROR-Ausgang 164.6 - zurückgesetzt werden, sobald das Potential VCC aufgebaut und danach noch eine gewisse kurze Zeit vergangen ist, die der Microcontroller für eine ordnungsgemäße Bestromung und Inbetriebsetzung seiner Kreise benötigt. Alternativ kann er auch über den Pfad 29.2 vom RESET-Ausgang 164.1 des Watchdog-Schaltkreises 164 zurückgesetzt werden.

Durch die ENA/NINH-Kopplung von Regler 20, Watchdog 164 und Schaltkreis 100/100' wird der mit  $I_{IC4}$  ruhebestromte Watchdog-Schaltkreis 164 schneller initialisiert, d.h. schon mit der aktiven ENA/NINH-Flanke, durch die der Regler 20 erst eingeschaltet wird, so daß er mit der hernach gegen die Stützkapazität 161 erst langsam ansteigenden Flanke von VCC diese Spannung sofort (z.B. auch auf zeitlich richtigen Anstieg) überwachen kann.

Die Initialisierung des Watchdog-Schaltkreises bewirkt, daß mittels des Zeitbasismittels 169 - in praxi z.B. ein Quarz oder keramischer Resonator - eine oder mehrere interne Zeitbasen für das Timing der Watchdog-Funktionen angeworfen werden, welche den Watchdog-Schaltkreis einerseits zur Generation und Abgabe von zeitlich genau definierten Signalen befähigen und ihm des weiteren ermöglichen, periodische Signale auf Präsenz und richtiges Timing (Wiederholfrequenz, Tastdauer- oder -verhältnis, Burst-Häufigkeit etc.) zu prüfen.

So beschaffen kann dieser Schaltkreis beispielhaft wenigstens die folgenden Funktionen erfüllen:

1. Überwachung wenigstens eines der Potentiale VBATT und VCC auf Nichtunterschreitung eines vorgegebenen Wertes bzw. auf Nichtverlassen eines vorgegebenen Wertebereichs absolut oder zu einer bestimmten Zeit, d.h. auch Funktionen, welche aus dem Block 110 des Schaltkreises 100/100' auslagerbar sind.
2. Überwachung sowohl des Microcontrollers 21 als auch seines Softwareablaufes auf eine annehmbar ordnungsgemäße Funktion.

Diese Überwachung kann auf folgende Weise geschehen: Bei ordnungsgemäßer Funktion gibt der Microcontroller 21 an seinem BUSY-Ausgang 30 ein charakteristisches BUSY-Signal, beispielsweise einen Puls von z.B. 1 kHz Wiederholfrequenz aus. Die Präsenz dieses Signals unterdrückt im Watchdog 164 eine RESET-Ausgabe an 164.1. Bleiben die entsprechenden BUSY-Impulse jedoch für z.B. 3 ms aus



100 ms ( $t_0$  bis  $t_4$ ) bewirkt der Watchdog-Schaltkreis 164 eine Initialisierung des Microcontrollers 21, die nach ca. 20ms abgeschlossen ist ( $t_0$  bis  $t_1$ ). Während dieser 20ms beträgt die Stromaufnahme ca. 20 mA.

Anders als im Fall gemäß Fig. 5 gibt hier der Microcontroller nach seiner Initialisierung durch den Watchdog 164 an seinem Ausgang 32H einen 10 ms dauernden Impuls an den steuerbaren Schalter - Transistor - 7.5 ab, dessen Ausgang - Kollektor - während der Zeitspanne  $t_2$ - $t_1$  zu bestimmende Sensoren im Applikationsfeld mit dem Strom  $I_{WH}$  aus der Versorgungsschiene VBATT gegen Masse GND versorgt. Nur während dieser kurzen Zeitspanne ergibt sich so ein (relativ hoher) Gesamtstromverbrauch von hier beispielsweise 40 mA. Der Microcontroller liest kurz vor dem Zeitpunkt  $t_2$  vom Weck-Expander 165 alle erfaßten und in vorbestimmter Weise vorverarbeiteten (z.B. flankengeprüft, etc.) Weckergebnisse ein und fällt im Zeitpunkt  $t_2$  wieder in seinen Lowpower- bzw. Shutdown-Mode zurück, in welchem die Gesamtstromaufnahme des Steuergerätes folglich wieder auf ca. 2mA absinkt. Nach weiteren 70 ms im Zeitpunkt  $t_4$  wiederholt sich der Zyklus erneut.

Unter Außerachtlassung einer entsprechend getakteten Sensorversorgung gegen UBATT über einen entsprechenden Ausgang 32L und elektronischen Schalter 7.7 ergibt sich so ein durchschnittlicher Über-alles-Stromverbrauch von nur ca. 5 mA, worin also die o.e. Minimalbestromung eines oder zweier externer Weck-Schalter mit höheren Strömen eingeschlossen ist.

Die Taktung eines entsprechenden elektronischen Schalters 7.7 für die Bestromung gegen Masse GND von Weck-Sensoren an der Versorgungsschiene UBATT kann zeitver-

Der Zustand der Speicherzelle bzw. dieses Speicherregisters 165.2 ist über einen Pfad 32a an einen Weck-Status-Eingang 32.3 (WST) des Microcontrollers 21 übertragbar. Von einem Rücksetzausgang 32.4 des Microcontrollers 21 kann über eine Verbindung 32b die Rücksetzung dieser Speicherzelle bzw. dieses Registers erfolgen. Der Expander 165' kann ausgangsseitig mit den ENA/NINH-Eingängen 20.3 bzw. 164.3 des Reglers 20 bzw. Watchdogs 164 in Verbindung stehen. Des weiteren kann er ausgangsseitig noch mit dem Ausgang 4 des Transceivers 100/100' zusammengefaßt sein. Durch diese Merkmale wird ein Betrieb in applikationsspezifischer Weckbereitschaft gemäß Figen. 12 & 13 möglich.

Gesteuert von seinem Zeitgeber 165.1 schaltet der Expander 165' durch entsprechende Ansteuerung wenigstens eines seiner steuerbaren Schalter 165.3 und 165.4 wenigstens einen der Ausgänge 7.2 und 7.3 an VBATT bzw. Masse GND, so daß die Abtastströme  $I_{WH}$  bzw.  $I_{WL}$  fließen können. Im vorliegenden Beispiel ist von Strömen in der Größenordnung von 10-20 mA ausgegangen. Dabei geschieht diese Anschaltung im Zeitabstand von 20 ms. Die Schaltzeit beträgt beispielsweise nur 500  $\mu$ s. Der von einem entsprechenden Steuergerät in applikations-spezifischer Weckbereitschaft über den Expander 165' aufgenommene Betriebsstrom kann somit im arithmetischen Mittel nur 0,5 mA betragen.

Gemäß Fig. 13 kann die Auswertung wie folgt geschehen. Im Abstand von 20 ms werde ein z.B. am Eingang WUPIN\_1 von 7.1 angeschlossener und gegen Masse GND schaltender Schalter durch das Signal WUPPH abgefragt, beispielsweise über einen hier nicht gezeigten Widerstand, der im Verlaufe des Strompfades zwischen 165.3 und besagtem